

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-198056

(43)Date of publication of application : 11.07.2003

(51)Int.Cl.

H01S 5/14
G02F 1/295

(21)Application number : 2002-188775

(71)Applicant : KOREA ELECTRONICS
TELECOMMUN

(22)Date of filing : 27.06.2002

(72)Inventor : OH KWANG RYONG
LEE MYUNG LAE
KIM HYUN SOO
SONG JUNG HO
KIM KANG HO

(30)Priority

Priority number : 2001 200179683 Priority date : 15.12.2001 Priority country : KR

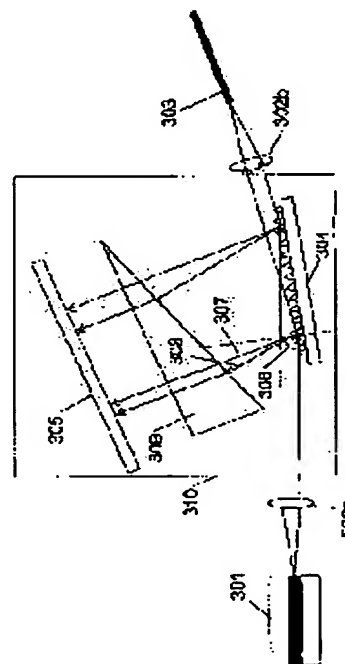
(54) VARIABLE WAVELENGTH EXTERNAL RESONATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a variable wavelength external resonator which can vary the wavelength by an electric signal, can successively vary a wavelength at high speed, and uses a light deflector stably operating according to the electric signal.

SOLUTION: A light beam emitted from a light source 301 is transformed to a parallel light beam by a lens 302a.

The parallel light beam is diffracted on a diffraction grating 304, and is propagated through a light deflector 308 arranged between a reflecting mirror 305 and the diffraction grating 304. The light deflector 308 is configured so that an index of refraction can vary according to an input electric signal. Of light beams propagating through the light deflector 308, only a light beam with a specific wavelength is emitted perpendicularly to the reflecting mirror 305. Thus, the light beam with the specific wavelength is refocused on the light source 301.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.06.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-198056

(P2003-198056A)

(43) 公開日 平成15年7月11日 (2003.7.11)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	キーワード (参考)
H 0 1 S 5/14		H 0 1 S 5/14	2 K 0 0 2
G 0 2 F 1/295		G 0 2 F 1/295	5 F 0 7 3

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2002-188775(P2002-188775)
(22) 出願日 平成14年6月27日 (2002.6.27)
(31) 優先権主張番号 2001-79683
(32) 優先日 平成13年12月15日 (2001.12.15)
(33) 優先権主張国 韓国 (K R)

(71) 出願人 596180076
韓国電子通信研究院
Electronics and Tel
ecommunications Res
earch Institute
大韓民国大田廣域市儒城區柯亭洞161
(72) 発明者 オ クァンヨン
大韓民国 デジョンクァンヨクシ ユソン
ク シンソンドン ハンウル アパートメ
ント 101-201
(74) 代理人 100077481
弁理士 谷 義一 (外2名)

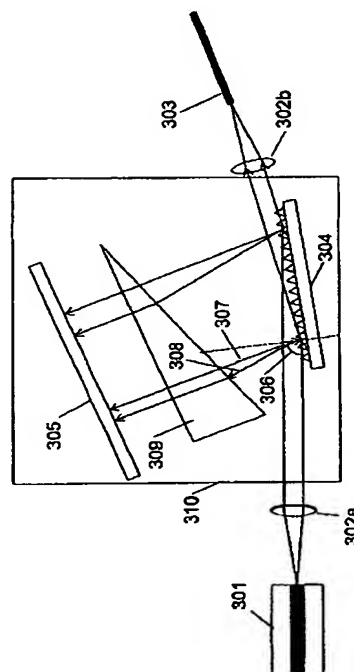
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長可変型外部共振器

(57) 【要約】

【課題】 電気信号で波長を可変させることができ、連続的に高速度の波長可変が可能であり、かつ、電気信号に応じて安定的に動作する光偏向器を用いた波長可変型外部共振器を提供すること。

【解決手段】 光源301から出射された光ビームをレンズ302aにより平行光ビームとし、この平行光ビームを回折格子304で回折させ、反射鏡305と回折格子304との間に配置された光偏向器308中を伝搬させる。この光偏向器308を、入力電気信号に応じて屈折率が可変となるように構成し、光偏向器308内を伝搬する光ビームの特定波長の光ビームのみを反射鏡305に垂直に入射させる。これにより、特定波長光ビームが光源301に再集束される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 各種の波長を有する光ビームを出射する光源と、
前記光源から出射された光ビームを平行光ビームにするためのレンズと、

前記平行光ビームを回折させるための回折格子と、
当該回折格子により回折された回折光ビームを反射するための反射鏡と、

当該反射鏡と前記回折格子との間に配置され、入力された電気信号に応じて屈折率が可変な光偏向器とを備え、
当該光偏向器の屈折率の設定により、前記回折格子からの回折光ビームのうちの特定波長の光ビームを前記反射鏡に垂直に入射させ、当該特定波長の光ビームを前記光源に再集束させることを特徴とする波長可変型外部共振器。

【請求項 2】 各種の波長を有する光ビームを出射する光源と、
前記光源から出射された光ビームを平行光ビームにするためのレンズと、

前記平行光ビームを回折させるための回折格子と、
当該回折格子と前記レンズとの間に配置され、入力される電気信号に応じて屈折率が可変な光偏向器とを備え、
当該光偏向器の屈折率の設定により、前記レンズを透過した平行光ビームのうちの特定波長の光ビームを前記回折格子により正反射させ、当該特定波長の光ビームを前記光源に再集束させることを特徴とする波長可変型外部共振器。

【請求項 3】 各種の波長を有する光ビームを出射する光源と、

前記光源から出射された光ビームを平行光ビームとして回折または反射させるための凹状回折格子と、

当該凹状回折格子により回折された第 1 の平行光ビームを反射するための反射鏡と、

前記凹状回折格子により反射された第 2 の平行光ビームを光ファイバへ集束させるためのレンズと、

前記反射鏡と前記凹状回折格子との間に配置され、入力される電気信号に応じて屈折率が可変な光偏向器とを備え、

当該光偏向器の屈折率の設定により、前記凹状回折格子からの第 1 の平行光ビームのうちの特定波長の光ビームを前記反射鏡に垂直に入射させ、当該特定波長の光ビームを前記光源に再集束させることを特徴とする波長可変型外部共振器。

【請求項 4】 前記光偏向器は、スラブ導波路を備える基板面上に設けられた 3 角形状の p n 接合を有し、
当該 p n 接合への印加電圧または注入電流により生じるスラブ導波路の搬送子密度変化または電光効果により前記光偏向器の屈折率が変化して前記スラブ導波路中を伝搬する光ビームの屈折角が制御されることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の波長可変型外部共振

器。

【請求項 5】 前記光偏向器が複数の光偏向部の多段階配列で構成され、

前記特定波長の光ビームを前記光偏向器内で 1 回以上屈折させることにより前記特定波長の波長選択（可変）範囲を広げたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の波長可変型外部共振器。

【請求項 6】 前記スラブ導波路が、InP 系または GaAs 系の混晶により構成されていることを特徴とする請求項 4 に記載の波長可変型外部共振器。

【請求項 7】 前記光源が、Fabry-Perot 半導体レーザであることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の波長可変型外部共振器。

【請求項 8】 前記 Fabry-Perot 半導体レーザが、

結晶再成長技術、エッチング技術、及び、金属蒸着技術等により、光導波路を備える InP 系または GaAs 系の混晶基板上に単一チップ集積化されたものであることを特徴とする請求項 7 に記載の波長可変型外部共振器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電気信号によって動作する光偏向器を用いた波長可変型外部共振器に関し、より詳細には、電気信号で波長を可変することができ、Littman-Metcalf 方式の外部共振器または Littrow 方式の外部共振器の構造に適用可能な、電気信号によって動作する光偏向器を用いた波長可変型外部共振器に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、一定の範囲の帯域幅を有するレーザダイオードまたは光源から単一モード光を可変させて特定の波長を選択する外部共振器としては、Littman-Metcalf 方式の外部共振器と Littrow 方式の外部共振器とが知られており、このような共振器を用いて特定の波長を選択する方法は分光学の研究に多く用いられる色素レーザ技術に適用されている。

【0003】図 1 は、従来の Littman-Metcalf 方式の外部共振器の構成を説明するための図で、図 1 (a) はこの外部共振器の構成の概略図であり、図 1 (b) は、この外部共振器が備える反射鏡が回折格子に対して向かう角度の様子を示す図である。

【0004】図 1 (a) に示すように、Littman-Metcalf 方式の外部共振器は、広い波長帯域を有するレーザダイオード 101 と、レーザダイオード 101 から発生したビームを平行にするための第 1 レンズ 102 a と、この平行ビームを回折させるための回折格子 104 と、回折したビームを反射させるための反射鏡 105 とを備える。このように構成された外部共振器のレーザダイオード 101 から発生したビームは回折格子 104 で反射され、レンズ 102 b を介して光ファイバ 103 に集束される。

【0005】レーザダイオード101からビームが発生すると、第1レンズ102aによってビームが平行になり、この平行ビームは回折格子104によって反射鏡105側に回折される。この反射鏡105の回折格子104に向く角度は図示しない機械装置によって調節される。これにより、反射鏡105は、反射鏡105に入射されるビームの波長のうち垂直に入射されるビームの特定の波長のみを回折格子104へ反射させる。反射されて回折格子104に戻ってきたビームは、回折格子104によって回折されて第1レンズ102aを介してレーザダイオード101に戻る。

【0006】図1(b)に示すように、反射鏡105が第1角度110を有するように配置されると、一定の波長の第1ビーム107が反射鏡105に対して垂直に入射されて回折格子104に再び反射される。また、反射鏡105が第2角度111を有するように配置されると、波長の異なる第2ビーム108が反射鏡105に対して垂直に入射されて回折格子104に再び反射される。結局、反射鏡105の配置角度に応じて、レーザダイオード101に戻るビームの波長が変わり、反射鏡105の配置角度に応じた波長の選択(可変)が行われる。

【0007】なお、上述したように、Littman-Metcalf方式の外部共振器は反射鏡の配置角度を調節することにより波長を選択するが、Littrow方式の外部共振器は回折格子の配置角度を調節することにより波長を選択する。

【0008】図2は従来のLittrow方式の外部共振器の構成を説明するための図である。この図から判るように、Littrow方式の外部共振器はLittman-Metcalf方式の外部共振器の構成と類似している。但し、Littrow方式の外部共振器は、反射鏡の角度を調節するのではなく、回折格子104の角度を調節して波長を選択している点が異なっている。

【0009】すなわち、このLittrow方式の外部共振器では、レーザダイオード101からビームが発生すると、レンズ102によってビームが平行になる。このように平行に集められたビームのうち特定の波長を有するビームは、回折格子104の配置角度に応じて回折されて再びレンズ102へと反射される。回折格子104によって反射されたビームはレンズ102を介してレーザダイオード101に戻る。結局、回折格子104の配置角度に応じてレーザダイオード101に戻るビームの波長が変わり波長の選択が行われる。

【0010】次に、波長可変のために提案された共振器のいろいろな技術について考察する。多数個の波長を発振させ得るレーザ媒質を中心として1ms程度の速い可変速度を有するように共振器の両側に固定された2つの反射鏡と、PZTによって共振器の長さを変化させ得る反射鏡が線形的かつ多重に整列された外部共振器レーザ

の構造が知られている。

【0011】また、レーザから近くにある任意の回転軸を中心として反射鏡と回折格子を同時に回転させることにより、回折角度調節のための回転と共振器の長さを同時に調節できるようにし、モードのホッピング現象なしで連続的に波長を選択することが可能な外部共振器光源も知られている。

【0012】マイクロプロセッサによって制御される多数個の可変部品が含まれる高速の広帯域波長可変レーザシステムが知られており、これらの可変部品は電場が印加された時に電気光学効果を示す複屈折性の結晶体であって、2つ以上からなり、これらの各々は、粗い制御から徐々に繊細な制御を実行するという役割を担う。

【0013】レーザ共振器を形成するために、共振器の両端に2つ以上の反射部品、2つの曲線型重畳鏡、及び、出力部分に結合型反射鏡が配置された共振器が知られており、この共振器ではレーザ結晶体がレーザ共振器内の反射経路に配置される。予想される波長範囲において少なくとも一つの波長が可変されて発振されるようにするため、一つの重畳された鏡と両端の反射部品との間に共振器内の反射経路にプリズムの如く波長を分散させる部品が設けられている。この場合、発振波長の可変は反射部品の繊細な回転によって行われる。

【0014】また、外部共振器の構造として、機械的な動きなく電気的信号で波長を可変させる外部共振器の構造が知られている。この外部共振器は、共振器の両端に2つの鏡が備えられ、レーザ媒質として結晶体が鏡の中間に配置され、音響波入力としてRFソースによって動作する圧電気(Piezoelectric)部品に波長を選択するための結晶体が配置される。この外部共振器は、RFソースによって動作する圧電気部品に配置された結晶体を使用しているために格子の動きがない。

【0015】さらに、ステップモータを用いて格子を回転させ、これをマイクロプロセッサで制御する波長可変レーザダイオードがあり、MEMS技術を活用して反射鏡と回折格子とをアクチュエータとして駆動可能な波長可変レーザダイオードが知られている。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来の技術は、構成と性能の面においてそれぞれ長所を有する反面、以下のような問題点もある。

【0017】上述したように、Littman-Metcalf方式またはLittrow方式の外部共振器は、反射鏡または回折格子を機械的に回転させて配置角度を調節することにより、特定の波長のビームを選択する。従って、反射鏡または回折格子を機械的に精密に回転させなければならず、安定度の低下や、共振器の大型化や、波長選択(可変)速度の低下を招いたり、製作コストが上昇したりするという問題点がある。即ち、従来の共振器は特定の波長を選択するために高い精密度を有する回転機械装置を

必要とし、その選択（可変）速度も非常に遅いという問題があった。

【0018】また、波長可変のために提案された共振器の諸技術では、波長選択のために機械的な動きを必要とし、波長可変範囲が狭く、モジュールサイズの小型化が困難であるという問題点がある。

【0019】このように、波長可変を必要とする分光学及びWDM光通信システムにおける広い波長可変範囲を実現し、構造体の移動を不要として特性の安定化を図り、小型化と可変速度の高速化を可能とする波長可変型外部共振器を実現するためには新しい技術が要求される。

【0020】本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、Littman-Metcalf方式またはLittrow方式の外部共振器において、電気信号で屈折率を制御し得る媒質からなる光偏向器を反射鏡と回折格子との間、或いは、レンズと回折格子との間に配置してビームの進行角度を調節することにより、電気信号で波長を可変させることができて、連続的に高速度の波長可変が可能であり、かつ、電気信号に応じて安定的に動作する光偏向器を用いた波長可変型外部共振器を提供することにある。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明は、このような目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、光偏向器を用いた波長可変型外部共振器であって、各種の波長を有する光ビームを出射する光源と、前記光源から出射された光ビームを平行光ビームにするためのレンズと、前記平行光ビームを回折させるための回折格子と、当該回折格子により回折された回折光ビームを反射するための反射鏡と、当該反射鏡と前記回折格子との間に配置され、入力された電気信号に応じて屈折率が可変な光偏向器とを備え、当該光偏向器の屈折率の設定により、前記回折格子からの回折光ビームのうちの特定波長の光ビームを前記反射鏡に垂直に入射させ、当該特定波長の光ビームを前記光源に再集束させることを特徴とする。

【0022】また、請求項2に記載の発明は、光偏向器を用いた波長可変型外部共振器であって、各種の波長を有する光ビームを出射する光源と、前記光源から出射された光ビームを平行光ビームにするためのレンズと、前記平行光ビームを回折させるための回折格子と、当該回折格子と前記レンズとの間に配置され、入力される電気信号に応じて屈折率が可変な光偏向器とを備え、当該光偏向器の屈折率の設定により、前記レンズを透過した平行光ビームのうちの特定波長の光ビームを前記回折格子により正反射させ、当該特定波長の光ビームを前記光源に再集束させることを特徴とする。

【0023】また、請求項3に記載の発明は、光偏向器を用いた波長可変型外部共振器であって、各種の波長を有する光ビームを出射する光源と、前記光源から出射さ

れた光ビームを平行光ビームとして回折または反射させるための凹状回折格子と、当該凹状回折格子により回折された第1の平行光ビームを反射するための反射鏡と、前記凹状回折格子により反射された第2の平行光ビームを光ファイバへ集束させるためのレンズと、前記反射鏡と前記凹状回折格子との間に配置され、入力される電気信号に応じて屈折率が可変な光偏向器とを備え、当該光偏向器の屈折率の設定により、前記凹状回折格子からの第1の平行光ビームのうちの特定波長の光ビームを前記反射鏡に垂直に入射させ、当該特定波長の光ビームを前記光源に再集束させることを特徴とする。

【0024】また、請求項4に記載の発明は、請求項1乃至3の何れかに記載の波長可変型外部共振器において、前記光偏向器は、スラブ導波路を備える基板上に設けられた3角形状のpn接合を有し、当該pn接合への印加電圧または注入電流により生じるスラブ導波層の搬送子密度変化または電光効果により前記光偏向器の屈折率が変化して前記スラブ導波路中を伝搬する光ビームの屈折角が制御されることを特徴とする。

【0025】また、請求項5に記載の発明は、請求項1または2に記載の波長可変型外部共振器において、前記光偏向器が複数の光偏向部の多段階配列で構成され、前記特定波長の光ビームを前記光偏向器内で1回以上屈折させることにより前記特定波長の波長選択（可変）範囲を広げたことを特徴とする。

【0026】また、請求項6に記載の発明は、請求項4に記載の波長可変型外部共振器において、前記スラブ導波路が、InP系またはGaAs系の混晶により構成されていることを特徴とする。

【0027】また、請求項7に記載の発明は、請求項1乃至3の何れかに記載の波長可変型外部共振器において、前記光源が、Fabry-Perot半導体レーザであることを特徴とする。

【0028】さらに、請求項8に記載の発明は、請求項7に記載の波長可変型外部共振器において、前記Fabry-Perot半導体レーザが、結晶再成長技術、エッチング技術、及び、金属蒸着技術等により、光導波路を備えるInP系またはGaAs系の混晶基板上に単一チップ集積化されたものであることを特徴とする。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して光偏向器を用いた本発明の波長可変型外部共振器について説明する。

【0030】図3は、本発明の波長可変型外部共振器が備える、電気信号に応じて屈折率が制御される3角形構造を有する光偏向器の概念図である。この光偏向器の主要な特徴は、この図に示すように、他の周辺310から入射されたビーム307が、3角形状の光偏向器309を通過しながらSnellの法則に基づいて3角形の底辺と垂直な方向に出射ビーム307aとして屈折される

現象を利用することにある。この光偏向器 309 は、InP 系または GaAs 系などの混晶の如く、スラブ (Slab) 導波路の形成が可能な物質を用いて形成されたスラブ導波路の基板面上において、3 角形状を有する pn 接合で形成され、この pn 接合部位に印加される電圧または注入される電流に応じて生じるスラブ導波層の搬送子の密度変化または電光効果により屈折率が変化する。この屈折率変化を利用すれば、スラブ導波路中を伝搬する光ビームが pn 接合の 3 角形部位に対応する位置を通過する際に、この pn 接合部位に印加される電圧または電流を用いてビームの屈折角を調節することができる。

【0031】図 4 は、本発明の第 1 実施例に係る光偏向器を用いた波長可変型外部共振器の構成例を説明するための図である。この図に示すように、波長可変型外部共振器は、いろいろな波長のビームを発生させると共に広い波長帯域を有する光源であって、Fabry-Perot 半導体レーザであるレーザダイオード 301 と、レーザダイオード 301 から発生したビームを平行にする第 1 レンズ 302a と、平行ビームに対して一定の入射角 306 を有する回折格子 304 と、回折されたビームを反射させるための反射鏡 305 と、反射鏡 305 と回折格子 304 との間に配置され、印加される電気信号に応じて屈折率が調節される 3 角形状の光偏向器 309 とを基本構成として含んでいる。

【0032】このように構成された外部共振器においては、レーザダイオード 301 から発生したビームは、回折格子 304 で反射され、第 2 レンズ 302b を介して光ファイバ 303 に集束される。ここで、3 角形状の光偏向器 309 は、底辺が反射鏡 305 と平行になるように配置される。

【0033】レーザダイオード 301 からビームが発生すると、第 1 レンズ 302a によってビームが平行に集められ、平行ビームは回折格子 304 によって反射鏡 305 側に回折される。反射鏡 305 と回折格子 304 との間に配置された 3 角形状の光偏向器 309 に電気信号が印加されず、周辺 310 と同一の屈折率を有する場合には、回折格子 304 によって回折されたビームのうち反射鏡 305 に対して垂直方向に反射される特定波長の第 1 ビーム 307 が存在することとなる。この際、第 1 ビーム 307 は、反射鏡 305 によって反射され、光偏向器 309 を再び通過して回折格子 304 に戻る。第 1 ビーム 307 は回折格子 304 によってさらに回折され、第 1 レンズ 302a を介してレーザダイオード 301 に戻る。

【0034】図 4 に示すように、光偏向器 309 の屈折率が周辺 310 と同一であれば、第 1 ビーム 307 は反射鏡 305 から垂直に反射されてレーザダイオード 301 に戻るが、回折角度の異なる第 2 ビーム 308 の場合は、反射鏡 305 から垂直に反射されず、レーザダイオ

ード 301 に戻らない。即ち、第 2 ビーム 308 に対しては共振現象が発生しなくなる。さらに、光偏向器 309 の屈折率を調節することにより、レーザダイオード 301 から発生したビームのうち波長の異なる第 2 ビーム 308 が反射鏡 305 に向いて垂直に入射されるようにし、この第 2 ビーム 308 が選択的にレーザダイオード 301 に戻って共振器の動作が行われる。

【0035】図 4 に示す外部共振器を作製する方法例は以下のとおりである。スラブ導波路からなる InP 系または GaAs 系などの如き混晶半導体基板に、回折格子 304 と反射鏡 305 とをエッチング工程によって形成し、電圧印加または電流注入可能な 3 角形状の pn 接合を形成する。この際、pn 接合部位に印加される電圧または電流に応じて、スラブ導波層の搬送子の密度変化または QCS の如き電光効果による屈折率の変化で、特定波長のビームを反射鏡に向いて垂直に屈折させることができる。InP と InGaAsP とで形成されたスラブ導波路の場合、搬送子の濃度を $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度変化させること、屈折率を最大 0.05 程度まで変化させ得るものと知られている。このような方法によって外部共振器の主要構成部品である反射鏡、回折格子及び回折方向制御のための光偏向器などを単一チップに集積化することができる。

【0036】図 5 は本発明の第 2 実施例に係る光偏向器を用いた波長可変型外部共振器の構成例を説明するための図である。なお、この図において図 4 に示した構成と同一の構成要素には同じ符号を付している。

【0037】図 5 を参照すると、本発明の第 2 実施例に係る波長可変型外部共振器は、図 2 に示す Littrow 方式の外部共振器とほぼ同一の基本構成を有するが、光偏向器 309 がレンズ 302 と回折格子 304 との間に配置される点が異なる。また、光偏向器 309 は 3 角形の構造を取っており、底辺がレンズ 302 と平行になるように配置される。

【0038】レーザダイオード 301 からビームが発生すると、レンズ 302 によってビームが平行に集められる。レンズ 302 と回折格子 304 との間に配置された光偏向器 309 に電気信号が印加されず、周辺 310 と同一の屈折率を有する場合には、レーザダイオード 301 から発生したビームのうち回折格子によって入射方向と同一の方向に回折されてレーザダイオード 301 に再び戻る特定波長の第 1 ビーム 307 が存在することになる。しかし、波長の異なる第 2 ビーム 308 の場合には、回折角度が入射角度と異なってレーザダイオード 301 に戻らず共振現象が発生しなくなる。この際、光偏向器 309 の屈折率を調節すると、回折格子 304 によって入射角度と異なって回折された第 2 ビーム 308 が光偏向器 309 の底辺に向いて垂直に通過する。従って、第 2 ビーム 308 はレンズ 302 を通過してレーザダイオード 301 に戻ることにより共振現象を生じさせ

るので、波長可変が生ずる。

【0039】Littman-Metcalf方式及びLittrow方式の外部共振器において波長の可変範囲を広くするためには、屈折率を充分に変化させることができればならない。しかし、光偏向器を構成する媒質の物理的特性によって、屈折率の変化は理論的にも最大0.1程度に制限される。このような物理的限界は、図6に示すように、直角3角形状の光偏向部を多段階に配列して構成した光偏向器309内でビームを多数回にわたって屈折させることにより克服することができる。従って、究極的には広い範囲の波長領域に対する外部共振器の構成が可能になる。また、上述したように、3角形状の光偏向器を多段階に配列する方法は、Littman-Metcalf方式の外部共振器だけでなく、図7に示すように、Littrow方式の外部共振器にも同様に適用することができる。

【0040】図8は、図4に示した構成の外部共振器の、ビームの波長と屈折率との関係を示す特性グラフであり、さらに詳しくは、InP基板上にInP/InGaAsP/InPスラブ導波路を形成して図4の波長可変型外部共振器を製作した際、1520~1580nmの範囲でビームの波長を可変させるのに必要な屈折率の変化量を計算した結果を示している。

【0041】屈折率の計算に用いられた主要媒介変数として、回折格子の次数は1次と設定し、格子の間隔は1μmと設定し、平行光の回折格子に対する入射角は80°と設定した。この際、使用されたスラブ導波路の有効屈折率は3.27である。また、電気信号によって屈折率が調節される光偏向器の3角形頂角（反射鏡側の頂角）は30°と設定した。

【0042】図8に示すように、本計算結果によれば、1550nmを中心として60nmの可変範囲をもつためには、屈折率の変化量が約0.18にならなければならない。しかし、実際のInP/InGaAsP/InP接合の場合、理論的には搬送子濃度の調節による屈折率変化量の限界が0.1程度であり、実験的にも0.05程度は容易に実現することができるものと知られている。このような物理的限界は、図6及び図7で説明したように、直角3角形状の光偏向部を多段階に配列して光偏向器を構成し、この光偏向器内でビームを多数回にわたって屈折させることにより克服することができる。従って、上記より広い範囲で波長を容易に可変させ得る外部共振器を実現することができる。

【0043】図4に示した構成の場合には、光偏向器の3角形の底辺が反射鏡と平行になるように光偏向器が配置される。一方、図5に示した構成の場合には、光偏向器の3角形の底辺がレンズと平行になるように光偏向器が配置され、光偏向器を通過したビームのうち電気信号によって調節された屈折率に応じて特定の波長を有するビームのみが反射鏡またはレンズに向いて垂直に入射されるようにされる。この場合、特定の波長を有するビ-

ームは、光偏向器の直角3角形の底辺から垂直方向に投射される。

【0044】ところが、光偏向器を通過するビームのうち特定の波長を有するビームが光偏向器の3角形の底辺から垂直方向でなく所定の屈折角を有するように屈折率を制御すると、光偏向器の底辺を反射鏡またはレンズと平行になるように配置しなくても共振器の構成が可能になる。

【0045】図9は、3角形の構造をとっており、電気信号によって屈折率が制御される光偏向器の他の概念図である。この図に示すように、電気信号を印加して光偏向器309の屈折率を制御し、これにより屈折率の異なる周辺310から入射されたビーム308がSnellの法則に基づいて3角形の底辺から所定の屈折角を有する出射ビーム308aとして屈折される現象を用いる。図9の光偏向器と図3の光偏向器とを比較すると、電気信号を用いて光偏向器309の屈折率を制御する点において動作原理は同一であるが、特定の波長を有する出射ビーム308aの屈折角が互いに異なる。即ち、特定の波長を有するビーム307が光偏向器の直角3角形の底辺から垂直に出射されず、所定の角度で出射されるようにする。この際、図示されていないが、光偏向器309は直角3角形の底辺が反射鏡（図示せず）またはレンズ（図示せず）と一定の角度を有するように配置され、所定の角度で屈折された出射ビーム307aは反射鏡またはレンズに向いて垂直に入射される。

【0046】次に、この原理を、図4に示す波長可変型外部共振器に適用した例について説明する。

【0047】図10は、本発明の第5実施例に係る光偏向器を用いた波長可変型外部共振器の構造図である。この図を参照すると、本実施例に係る波長可変型外部共振器の基本構成は、図4に示す波長可変型外部共振器の基本構成と同一である。即ち、広い波長帯域を有するレーザダイオード301と、レーザダイオード301から発生したビームを平行にする第1レンズ302aと、平行ビームを回折させるための回折格子304と、回折されたビームを反射させるための反射鏡305と、反射鏡305と回折格子304との間に配置され、電気信号に応じて入射されるビームの屈折率を調節する3角形状の光偏向器309とを含んでいる。ここで、光偏向器309は3角形の底辺が反射鏡305と斜めになるように配置される。

【0048】レーザダイオード301からビームが発生すると、第1レンズ102aによってビームが平行に集められる。この平行ビームは回折格子304によって反射鏡305側に回折される。電気信号が入力されず、光偏向器309の屈折率が周辺310と同一の場合にも、図4の場合と同様に反射鏡305に向いて垂直に入射後に反射されて回折格子304を通過しレーザダイオード301に戻って共振現象を生じさせる第1ビーム307

が存在する。

【0049】この際、図4に示した構成では、光偏向器309の底辺と反射鏡305とが平行なので、第1ビーム307が底辺から垂直に出射されているのに対して、図10に示した構成では、光偏向器309の底辺が反射鏡305に対して斜めに配置されているので、第1ビーム307は光偏向器309の底辺から垂直でない方向に出射するが、反射鏡305に向かっては垂直に入射する。従って、光偏向器309と反射鏡305間の角度を考慮し、第1ビーム307が光偏向器309の底辺から所定の角度で出射されて反射鏡305に向いて垂直に入射するようにする。

【0050】反射鏡305に垂直でない方向に回折されて入射されるビームのうち第1ビーム307と波長が異なる第2ビーム308については、光偏向器309に印加される電気信号を制御して屈折率を変化させることにより、出射ビーム308aが反射鏡に対して垂直に入射されるように制御する。この際の出射ビーム308は回折格子304によって再び回折され、第1レンズ302aを介してレーザダイオード301に戻る。これにより、第2ビーム308が選択的にレーザダイオード301に戻り、共振器としての動作が行われる。

【0051】結局、光偏向器309と反射鏡305間の角度を考慮して電気信号を光偏向器309に印加することにより、光偏向器309が反射鏡305に対して平行に配置されなくても、特定の波長を有するビームをレーザダイオード301に再集束させることができる。また、電気信号を調節して他の波長のビームが連続的に集束されるようにすることにより、波長可変が行われる。なお、図10に示す光偏向器を用いた波長可変型外部共振器は、Littman-Metcalf方式の外部共振器だけでなく、Littrow方式の外部共振器にも同一に適用することができる。

【0052】図11は、本発明の第6実施例に係る光偏向器を用いた波長可変型外部共振器の構造図である。図11を参照すると、第6実施例に係る波長可変型外部共振器の基本構成は、図10に示す波長可変型外部共振器の基本構成において、直線型の回折格子304が凹状の回折格子304aで置き換えられ、平行光を作るためのレンズ302aが除去される。即ち、広い波長帯域を有するレーザダイオード301と、レーザダイオード301から発生したビームのうち1次以上の回折されたビームは平行ビームにし、0次回折の反射成分は集束されるようにする凹状の回折格子304aと、回折されたビームを反射させるための反射鏡305と、反射鏡と回折格子304aとの間に配置され、電気信号に応じて入射されるビームの屈折率を調節する三角形の光偏向器309とを含んでいる。

【0053】この図に示す外部共振器は、凹状の回折格子304aとレーザダイオード301との間に配置され

たレンズ(図10の302a)を除去して外部共振器を成す部品数を減少させることにより製作工程とコストを減らすという利点、及び、レーザダイオード301を形成した半導体基板上に凹状の回折格子304a、反射鏡305及び光偏向器309を単一集積化させることが容易であるという利点をもっている。

【0054】即ち、InP系またはGaAs系で形成されたFabry-Perot半導体レーザを再成長の結晶成長技術、エッチング技術、及び、金属蒸着技術などを活用して同一系の半導体スラブ導波路基板に集積化し、反射鏡、凹状の回折格子及び光偏向器をエッチング技術及び金属蒸着技術によってスラブ導波路部分に形成することにより、単一チップに集積化することができる。なお、図11に示す光偏向器を用いた波長可変型外部共振器は、Littman-Metcalf方式の外部共振器だけでなく、Littrow方式の外部共振器にも同様に適用することができる。

【0055】

【発明の効果】上述したように、本発明によれば、反射鏡及び回折格子を固定させた状態で、電気信号に応じて屈折率が変わる光偏向器を用いて特定の波長に対して共振条件を満足させ、電気信号の制御によって共振条件を満足させる波長を可変させることにより、安定的かつ連続的に波長を可変させることが可能な光源を構成することができる。

【0056】また、波長可変型外部共振器をInP/InGaAsP/InPスラブ導波路に適用して実現することにより、搬送子の寿命時間によって決定される可変速度を数ns以下に上昇させ且つ信頼性を向上させることができ、小型化及び製作工程の単純化で製作コストを大幅減少させることができる。

【0057】このように、本発明によれば、電気信号で波長を可変させることができ、連続的に高速度の波長可変が可能であり、かつ、電気信号に応じて安定的に動作する光偏向器を用いた波長可変型外部共振器を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来のLittman-Metcalf方式の外部共振器の構成例を説明するための図である。

【図2】従来のLittrow方式の外部共振器の構成例を説明するための図である。

【図3】本発明の波長可変型外部共振器が備える、電気信号に応じて屈折率が制御される三角形構造を有する光偏向器の概念図である。

【図4】本発明の第1実施例に係る光偏向器を用いた波長可変型外部共振器の構成を説明するための図である。

【図5】本発明の第2実施例に係る光偏向器を用いた波長可変型外部共振器の構成を説明するための図である。

【図6】本発明の第3実施例に係る光偏向器を用いた波長可変型外部共振器の構成を説明するための図である。

【図7】本発明の第4実施例に係る光偏向器を用いた波長可変型外部共振器の構成を説明するための図である。

【図8】図4に示す構成の外部共振器における、ビームの波長と屈折率との関係を示す特性グラフである。

【図9】3角形構造を取っており、電気信号によって屈折率が制御される光偏向器の他の概念図である。

【図10】本発明の第5実施例に係る光偏向器を用いた波長可変型外部共振器の構成を説明するための図である。

【図11】本発明の第6実施例に係る光偏向器を用いた波長可変型外部共振器の構成を説明するための図である。

【符号の説明】

101、301 レーザダイオード

102a、102b、102、302a、302b レ

ンズ

103、303 光ファイバ

104、304 回折格子

105、305 反射鏡

106、306 回折格子入射角度

107、307 第1ビーム

108、308 第2ビーム

109 第1ビームの共振条件の基準原点に対する反射境の角度

110 第2ビームの共振条件の基準原点に対する反射境の角度

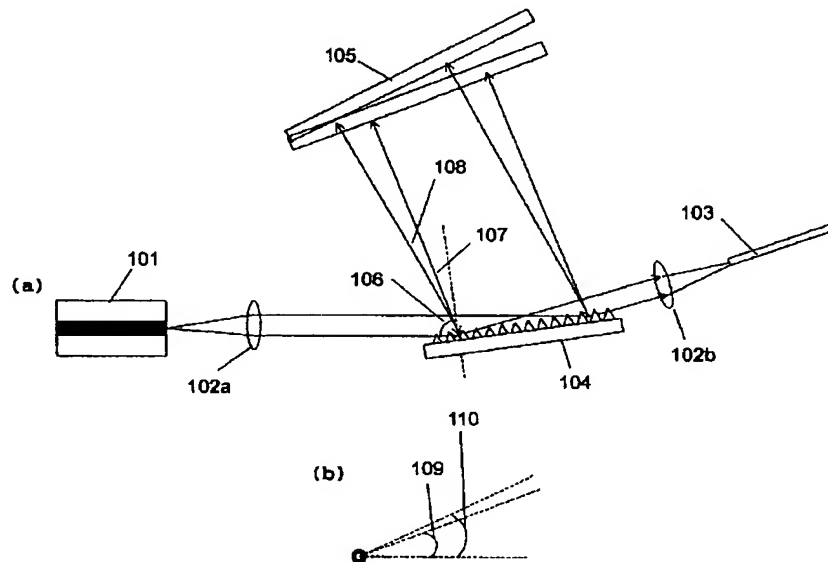
304a 凹状の回折格子

308a 第2ビームの出射ビーム

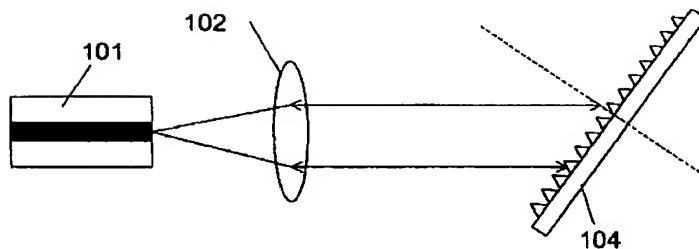
309 光偏向器

310 光偏向器の周辺

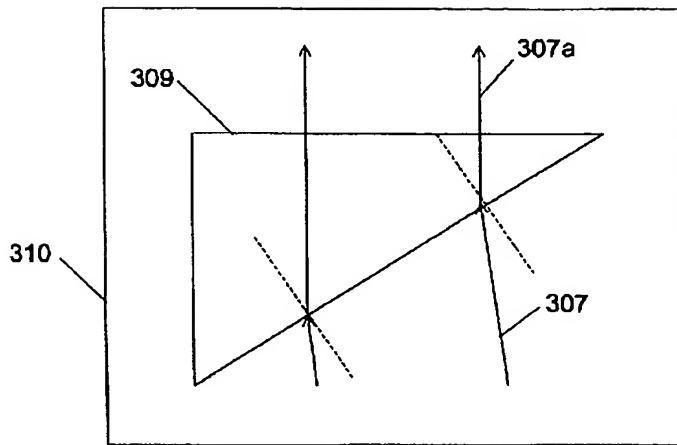
【図1】



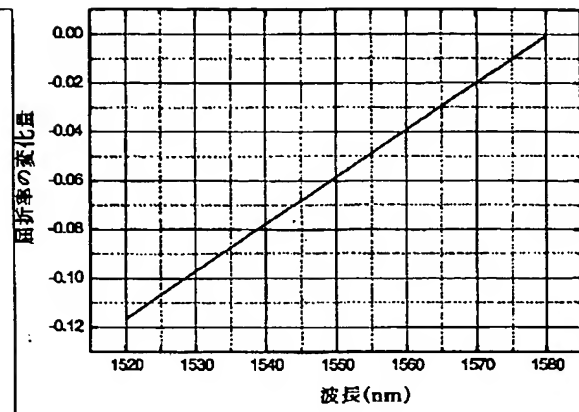
【図2】



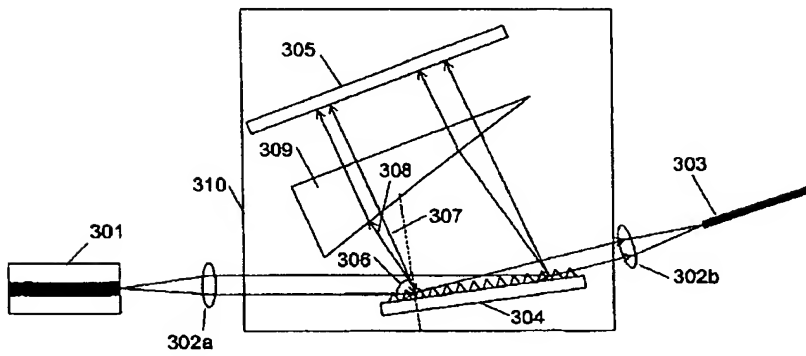
【図 3】



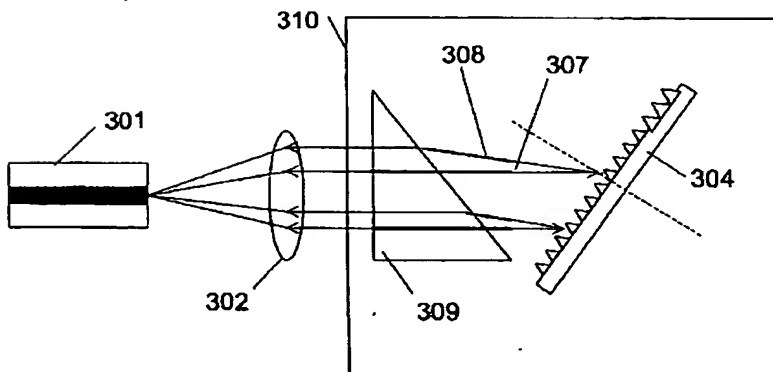
【図 8】



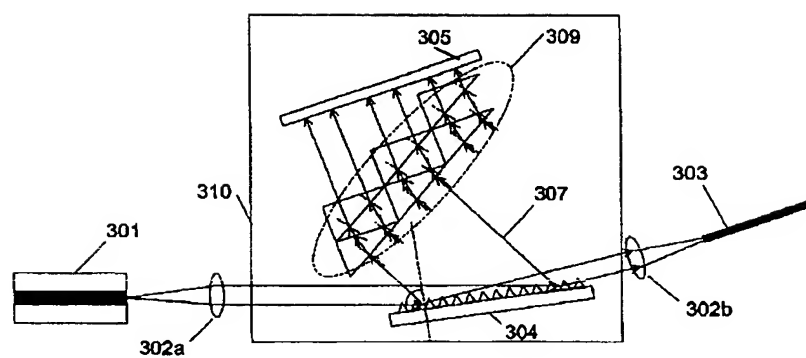
【図 4】



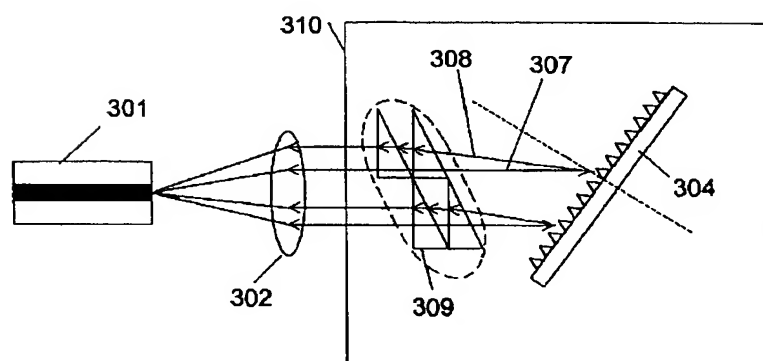
【図 5】



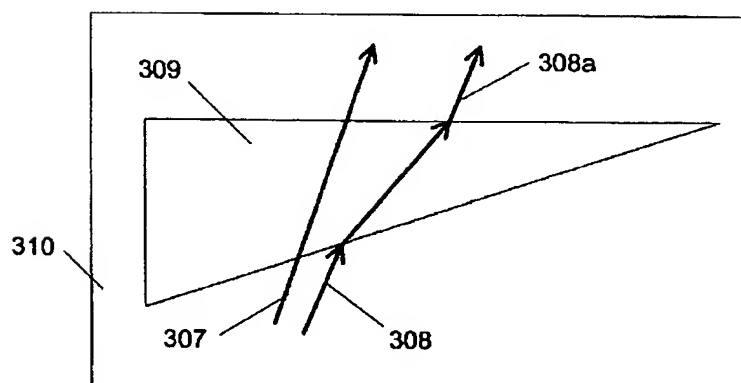
【図6】



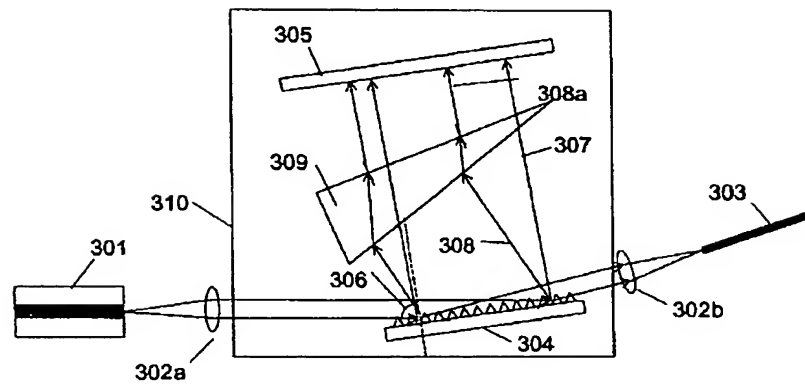
【図7】



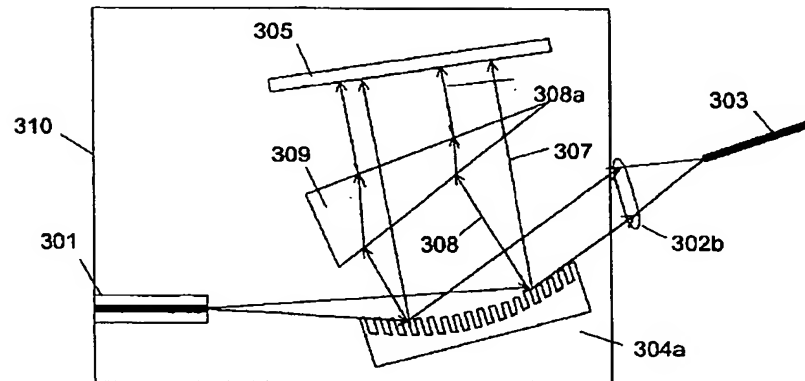
【図9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 イ ミョンレ
大韓民国 デジョンクァンヨクシ ユソン
ク ガジョンドン 236-1

(72)発明者 キム フォンス
大韓民国 ソウルシ ソンブク アンアム
ドン 4街 23-6

(72)発明者 ソン ジョンホ
大韓民国 ジェジュド ジェジュシ ヘア
ンドン 1899-1

(72)発明者 キム カンホ
大韓民国 ウルサンクァンヨクシ チュン
グ テファドン 924-7

Fターム(参考) 2K002 AB06 AB07 BA06 CA13 DA05
HA03
5F073 AA63 AA67 AB25 AB27 AB28
AB29 BA02

THIS PAGE BLANK (USPTO)